ZUR GESCHICHTE

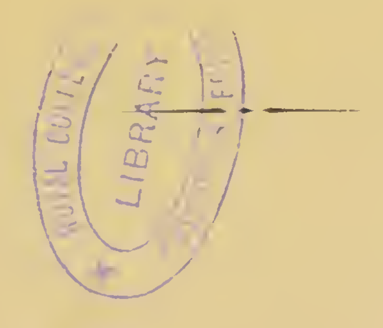
DER

ZELLTHEORIEN.

EIN VORTRAG

VON

RICHARD ALTMANN.



LEIPZIG,
VERLAG VON AMBR. ABEL.
1889.

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Seitdem von Dujardin die contraktile Substanz oder Sarkode entdeckt war, hat dieselbe in Bezug auf die Deutung ihres Wesens und ihrer Verbreitung gar mannigfache Wandlungen erfahren. Dujardin selbst nahm an, dass sie den niederen Thieren zukomme und den Körper derselben im Wesentlichen bilde.

Bald darauf, es sind jetzt gerade 50 Jahre her, fanden Schleiden und Schwann, dass sich der Körper aller Pflanzen und Thiere aus kleinen Territorien aufbaue, welche Zellen genannt wurden; die Substanz der Zellen selbst aber wurde in ihren wesentlichen Eigenschaften bald als übereinstimmend in allen Organismen erkannt und für dieselbe der Ausdruck Protoplasma gefunden.

Was ist Protoplasma? Hugo von Mohl, welcher diesen Ausdruck aufbrachte, definirt dasselbe als eine zähflüssige, mit Körnchen gemengte Substanz; die Körnchen können auch fehlen und es bleibt dann eine gleichförmige, durchscheinende Masse übrig.[1])

Diese Definition des Protoplasmas hat ihre Geltung im Wesentlichen bis auf den heutigen Tag behalten. So bezeichnete Max Schultze[2]) dasselbe als zähflüssig, zerlegbar in eine glasartig durchsichtige Grundsubstanz und die zahl-

---

1) H. v. Mohl, Ueber die Saftbewegung im Innern der Zellen. Botanische Zeitung 1846. S. 74 u. 90.

2) Max Schultze, Ueber Muskelkörperchen und das was man eine Zelle zu nennen habe. Archiv für Anatomie und Physiologie 1861. S. 9.

reich eingebetteten Körnchen; die letzteren können auch fehlen und die homogene Grundsubstanz übrig lassen. Brücke[1]), indem er den theoretischen Begriff der Zelle abgrenzen will und weder Kern noch Membran als nothwendige Bestandtheile derselben anerkennt, hält für die einfachste Form der Zelle ein Klümpchen Protoplasma, welches wohl eine molekulare Organisation oder Structur besitzt, morphologisch aber nicht zerlegt worden und vielleicht überhaupt nicht zerlegbar ist.

Diesen Anschauungen von der Structurlosigkeit des Protoplasmas sind fast alle späteren Autoren, wie Kühne, Lieberkühn und Andere gefolgt, ja dieselben gingen hier insofern zum Theil noch weiter, als sie die lebendige Natur der Körnchen, welche, wenn nicht immer, so doch meist dem Protoplasma sichtbarlich beigemischt sind, mehr weniger bestimmt in Abrede stellen. So erklärt Stricker, dass man nicht berechtigt ist, die Körnchen überhaupt als wesentliche Bestandtheile des Protoplasmas zu betrachten; von den neueren Botanikern, welche sich eingehender mit dem Protoplasma beschäftigt haben, meint Berthold[2]), die Körnchen, oder wie sie Hanstein[3]) nennt, die Mikrosomen, mögen in vielen Fällen krystallinische oder amorphe feste Ausscheidungen organischer oder unorganischer Natur sein, in andern wieder tröpfchenförmige Ausscheidungen unbekannter Gemische, und Schwarz[4]) erklärt von den Körnchen, dass, soweit sie nicht Gerinnungsprodukte der Reagentien sind, es sich bei ihnen um eine Einlagerung unlöslicher körniger Substanzen in das zähflüssige Cytoplasma handelt, welche nur eine metaplasmatische Natur haben. Nur wenige Botaniker haben überhaupt die Möglichkeit einer feineren

---

1) Ernst Brücke, Die Elementarorganismen. Wiener Sitzungsberichte 1861.

2) G. Berthold, Studien üb. Protoplasmamechanik. Leipz. 1886. S. 61.

3) T. v. Hanstein: Das Protoplasma. Heidelberg 1880. S. 22.

4) F. Schwarz, Die morphologische und chemische Zusammensetzung des Protoplasmas. Breslau 1887. S. 137 u. 138.

Structur im Cytoplasma erwähnt; so heisst es in Bezug hierauf in einer der neuesten und objektivsten Erörterungen[1]:

„In jeder beliebigen lebenden Pflanzenzelle, in der das Cytoplasma eine gewisse Mächtigkeit besitzt, beobachtet man an demselben eine gewisse, ins gräuliche spielende Trübung, die dasselbe granulirt erscheinen lässt. Bei der Kleinheit der in Frage kommenden Gebilde muss es jedoch zur Zeit noch zweifelhaft bleiben, ob wir es im Cytoplasma wirklich mit Körnchen von abweichender Lichtbrechung zu thun haben, oder ob die Trübung desselben nicht, wie Naegeli annimmt, mindestens zum grössten Theil dadurch hervorgebracht wird, dass die gesammte Masse des Cytoplasmas von einer grossen Menge winziger Wasser oder Zellsaft enthaltender Vacuolen erfüllt ist."

„Durchmustert man in Bezug hierauf die botanische Litteratur, so wird man finden, dass die in dieser Richtung angestellten Beobachtungen noch gänzlich unzureichend sind. und dass ein sicheres Urtheil über die feinere Structur des Cytoplasmas zur Zeit noch nicht gefällt werden kann."

„Es soll jedoch mit obigen Worten keineswegs die Möglichkeit einer feineren Structur im Cytoplasma in Abrede gestellt werden; es schien mir nur geboten, darauf hinzuweisen, dass zur Zeit keine mit der nöthigen Kritik angestellten umfassenden Untersuchungen über diesen Gegenstand vorliegen, und dass es jetzt noch nicht möglich ist, in dieser Hinsicht ein irgendwie abschliessendes Urtheil zu fällen."

So konnte Kölliker, indem er in der neuen Ausgabe seines Handbuches der Gewebelehre (1889) in dieser Frage weniger als Autor denn als Referent aufzutreten bemüht ist, die herrschenden Anschauungen der Botaniker sowohl wie der Zootomen dahin zusammenfassen, dass das Protoplasma (S. 11) eine gleichartige, weiche, zähflüssige Substanz sei, in welcher meistens Körnchen und andere Ein-

1) A. Zimmermann, Die Morphologie und Physiologie der Pflanzenzelle. In Schenk's Lehrbuch der Botanik 1887. S. 10. 12. 13.

schlüsse eingestreut sind; in derselben können im Laufe der Entwickelung Vacuolen in verschiedenen Grössen und in verschiedenen Mengen auftreten (S. 12); sind dieselben klein, so erscheint das Protoplasma schaumig wie spongiös, werden dieselben grösser, so bildet das Protoplasma Netze, in dessen Maschen sich Flüssigkeit, oder Fetttropfen, Schleimkugeln, Eiweisskörner etc. finden; indem Kölliker eine eigentlich primäre Netzstructur des Protoplasmas, wie sie von Anderen behauptet ist, nicht anzuerkennen scheint, erklärt er Fasern und Fibrillenbildungen als wichtige Einzelheiten des protoplasmatischen Baues (S. 13).

Nach diesen herrschenden Anschauungen hat also das Protoplasma seine morphologische Individualisirung in der Form der Zelle gefunden. Die Zelle ist demnach, da das Protoplasma selbst nicht zerlegt werden kann, die morphologische Einheit der lebenden Materie, in deren Raum sich dieselbe, sei es als zusammenhängende Masse, sei es durch Lücken unterbrochen ausbreitet; die Zelle ist der Elementarorganismus, der von verschiedener Grösse und verschiedenem Inhalt sein kann, aber als wesentliche Substanz das homogene, gleichartige, glasartig durchsichtige, zähflüssige Protoplasma enthält.

Gegenüber diesen herrschenden Anschauungen von der Gleichartigkeit des Protoplasmas giebt es eine noch ältere zweite Richtung von Bestrebungen, welche neben der anderen bisher nicht hat zur Geltung kommen können, und welche im Protoplasma noch eine weitere morphologische Zusammensetzung aus körperlichen Elementartheilen sucht, die dann selbst ihre lebendigen Fähigkeiten auf Grund einer molekularen Organisation entfalten mögen. Diese Bestrebungen drücken sich theils in Form von Wünschen und Vermuthungen, theils in Form von bestimmt geäusserten Anschauungen aus.

So sagt Brücke in seiner citirten Abhandlung: Ich nenne die Zellen Elementarorganismen, wie wir die Körper, welche bis jetzt chemisch nicht zerlegt worden sind, Ele-

mente nennen. So wenig die Unzerlegbarkeit dieser bewiesen ist, so wenig können wir die Möglichkeit in Abrede stellen, dass nicht vielleicht die Zellen selbst noch wiederum aus anderen, noch kleineren Organismen zusammengesetzt sind, welche zu ihnen in einem ähnlichen Verhältniss stehen, wie die Zellen zum Gesammtorganismus, aber wir haben bis jetzt keinen Grund, dieses anzunehmen.

Aehnlich drückt sich Kölliker[1]) aus, indem er sagt: Wenn Bichat die Histologie durch die Aufstellung einer einheitlichen Grundlage und die scharfe Durchführung derselben mehr im Allgemeinen begründete, so hat Schwann durch seine Untersuchungen dieselbe im Einzelnen gesichert und sich so den zweiten Lorbeer in diesem Felde errungen. Was die Wissenschaft seit Schwann bis auf unsere Tage noch leistete, war zwar von der grössten Bedeutung für die Physiologie und Medicin und zum Theil auch von rein wissenschaftlichem Standpunkte aus von hohem Werthe, allein alles dieses war doch nicht der Art, dass es um einen namhaften Schritt weiter zu einem neuen Abschnitt geführt hätte. Dieser Stand der Gewebelehre wird so lange dauern, als es nicht gelingt, um ein Wesentliches weiter in die Tiefe des Baues der lebenden Wesen zu schauen und auch die Elemente zu erfassen, aus denen das, was wir jetzt noch für einfach halten, zusammengesetzt ist. Sollte das aber je möglich werden, dann würde auch für die Histologie eine neue Zeit beginnen, und die Entdeckung des Gesetzes der Zellengenese würde ebenso oder noch mehr Bedeutung gewinnen, als die Lehre von der Zusammensetzung aller thierischen Gewebe aus Zellen.

Wir stellen die Aeusserungen dieser beiden Autoren hier voran, weil sie in einfachster Weise den Standpunkt charakterisiren, auf welchem bis in unsere Tage die Lehre

---

1) Kölliker, Handbuch der Gewebelehre, 5. Aufl. 1867. S. 2. Gekürztes Citat.

von den organisirten Formelementen gestanden hat. Es hat weder vor noch nach diesen Aeusserungen an Bemühungen gefehlt, der Frage von den wirklichen Elementarorganismen näher zu treten, aber alle diese Bemühungen haben keinen Erfolg gehabt, weil sie mehr auf hypothetischen Anschauungen, als auf gefundenen Thatsachen beruhten.

Die Lehre von den Elementarorganismen ist in ihrer primitiven Form weit älter als die Zellenlehre selbst; es ist aber für den heutigen Biologen oft schwierig, sich in jene älteren Ideen hineinzudenken, und muss dieses jedenfalls mit Berücksichtigung aller jener Unterschiede geschehen, welche die Hilfsmittel der neueren Zeit vor denen der älteren auszeichnen. Darum thun wir vielleicht gut, folgende Worte Virchow's[1]) zu citiren, welcher, indem er selbst den Uebergang zur neueren Zeit mit erlebte und mit begründete, die Anschauungen jener älteren in folgender Weise schildert.

„Noch in den Elementa physiologiae von Haller findet man an die Spitze des ganzen Werkes, wo von den Elementen des Körpers gehandelt wird, die Faser gestellt. Haller braucht dabei den charakteristischen Ausdruck, dass die Faser für den Physiologen das sei, was die Linie für den Geometer.“

„Im Laufe des letzten Jahrzehntes vom vorigen Jahrhundert begann indess schon eine gewisse Reaction gegen diese Faserlehre, und in der Schule der Naturphilosophen kam frühzeitig ein anderes Element zu Ehren, das aber in einer viel mehr speculativen Weise begründet wurde, nämlich das Kügelchen. Während die Einen immer noch an der Faser festhielten, so glaubten Andere, wie in der späteren Zeit noch Milne Edwards, so weit gehen zu dürfen, auch die Faser wieder aus linear aufgereihten Kügelchen zusammengesetzt zu denken. Diese Auffassung ist zum

---

1) Virchow, Die Cellularpathologie, 4. Aufl. 1871. S. 22f.

Theil hervorgegangen aus optischen Täuschungen bei der mikroskopischen Beobachtung. Die schlechte Methode, welche während des ganzen vorigen Jahrhunderts und eines Theiles des gegenwärtigen bestand, dass man mit mässigen Instrumenten im vollen Sonnenlicht beobachtete, brachte fast in allen mikroskopischen Objekten eine gewisse Dispersion des Lichtes, und der Beobachter bekam den Eindruck, als sähe er weiter nichts, als Kügelchen. Andererseits entsprach aber auch diese Anschauung den naturphilosophischen Vorstellungen von der ersten Entstehung alles Geformten."

„Diese Kügelchen (Körnchen, Granula, Moleküle) haben sich sonderbarer Weise bis in die moderne Histologie hinein erhalten, und es gab bis vor Kurzem wenige histologische Werke, welche nicht mit den Elementarkörnchen anfingen. Hier und da sind noch vor nicht langer Zeit diese Ansichten von der Kugelnatur der Elementartheile so überwiegend gewesen, dass auf sie die Zusammensetzung, sowohl der ersten Gewebe im Embryo, als auch der späteren begründet wurde. Man dachte sich, dass eine Zelle in der Weise entstände, dass die Kügelchen sich sphärisch zur Membran ordneten, innerhalb deren sich andere Kügelchen als Inhalt erhielten. Noch von Baumgärtner und Arnold ist in diesem Sinne gegen die Zellentheorie gekämpft worden."

„In einer gewissen Weise hat diese Auffassung in der Entwickelungsgeschichte eine Stütze gefunden, in der sogenannten Umhüllungstheorie (Henle). Danach dachte man sich, dass, während ursprünglich eine Menge von Elementarkügelchen zerstreut vorhanden wären, diese sich unter bestimmten Verhältnissen zusammenlagerten, nicht in Form sphärischer Membranen, sondern zu einem compakten Haufen, einer Kugel (Klümpchen), und dass diese Kugel der Ausgangspunkt der weiteren Bildung werde, indem durch Differenzirung der Masse, durch Apposition oder Intussusception aussen eine Membran, innen ein Kern entstehe."

„Gegenwärtig kann man weder die Faser, noch das Kugelchen oder Elementarkörnchen als einen histologischen Ausgangspunkt betrachten."

Diese älteren Anschauungen nun, wie sie hier von Virchow so trefflich wiedergegeben werden, sind von einzelnen Autoren bis in die neueste Zeit hinein mit grossem Eifer verfochten worden, insbesondere von Béchamp und Estor. Beide Autoren, indem sie meist gemeinschaftlich ihre Anschauungen äusserten, stehen ganz auf dem Boden der alten Umhüllungstheorie. Auch nach ihnen soll die Zelle entstehen, indem die Elementarkörnchen, welche sie Mikrozymas nennen, sich zusammenlegen und durch Differenzirung ihrer Masse sich zu Zellen umbilden. Henle mit seiner Umhüllungstheorie gilt ihnen daher als diejenige Autorität, an deren Aeusserungen sie vorzugsweise gerne anknüpfen, und um so lieber, als sie selbst, wie es scheint, nicht Morphologen sind. Neu ist bei ihnen noch die zweite Idee, welche vorzugsweise ihr persönliches Interesse in Anspruch nimmt, dass dieselben Kügelchen durch Zerfall der Zelle wieder frei werden können und so Bacterien bilden.

Alle ernsten Bemühungen unserer Zeit haben aber in beiden Fällen zum entgegengesetzten Resultat geführt. Der Lehrsatz Virchow's, omnis cellula e cellula, welcher der Umhüllungstheorie gegenübersteht, ist heute mehr denn je anerkannt, nicht auf Grund von Hypothesen, sondern auf Grund jener Thatsachen, wie sie insbesondere durch die Erscheinungen der Karyokinese sicher gestellt worden sind, und die Integrität der Abstammung der Spaltpilze, wie sie von den Versuchen Pasteur's ihren wesentlichen Ausgang genommen hat, ist bis jetzt durch die weiteren Beobachtungen immer mehr begründet, nicht negirt worden; auch die nicht minder verfehlten Bemühungen Wiegand's[1]), welcher von seinem Standpunkte als Botaniker ebenfalls

1) A. Wiegand, Entstehung und Fermentwirkung der Bacterien. Marburg 1881. Derselbe, Das Protoplasma als Fermentorganismus. Marburg 1888.

eine Anamorphose des Protoplasmas zu Bacterien behauptet, haben hieran nichts zu ändern vermocht. Die Opposition gegen Virchow und Pasteur ist aber überall dasjenige Moment, welches in den Auslassungen jener beiden Autoren insbesondere hervortritt. Diese Opposition hätte trotz ihres verfehlten Charakters ihren Nutzen gehabt, wenn es jenen Autoren gelungen wäre, die Elemente der Zelle zu sehen und zu demonstriren. Sie haben aber nicht mehr, vielleicht weniger gesehen, als die anderen Mikroskopiker vor ihnen auch. Es bleibt daher an ihnen nichts anderes anzuerkennen übrig, als die Begeisterung, mit welcher sie die alten Ideen von den Elementarkörnchen verfochten haben.[1])

Trotzdem scheint es, als wenn die alte Lehre von den Elementarkörnchen ihre Berechtigung hat. Die Zellen sind nicht Elementarorganismen, sondern Colonieen von solchen mit eigenartigen Gesetzen der Colonisation[2]); die Zellen entstehen aber nicht durch das Zusammentreten der Kügelchen, sondern sie sind daraus in jenen geschichtlichen Perioden entstanden, die den mikroskopischen Elementen gerade so eigen sind, wie den groben Formen der Lebewesen auch; die Elementarkörnchen der Zellen, welche noch heute ihre analogen

1) Vergl. hierüber die zahlreichen Abhandlungen, welche in den Comptes rendues seit etwa 1860 bis heute erschienen sind. Ausserdem A. Béchamp, Les microzymas. Paris 1883 und A. Estor, De la constitution élémentaire des tissus. Montpellier 1882.

Um die Mangelhaftigkeit der Beobachtungen jener Autoren zu prüfen, braucht man nur die Abbildungen in dem citirten Werke Béchamp's, die einzigen übrigens, welche jene Autoren geliefert haben, zu betrachten; es erscheint dann klar, dass von vielen anderen Autoren älterer und neuerer Zeit sowohl an der thierischen, wie auch an der Pflanzenzelle bessere und ausgiebigere Beobachtungen gemacht worden sind.

Bei der Unfruchtbarkeit ihrer Opposition gegen Pasteur und Virchow und bei der Mangelhaftigkeit ihrer thatsächlichen Befunde nimmt es daher nicht Wunder, wenn, wie Estor sich bitter beklagt (l. c. S. VIII), selbst die Mitglieder des französischen Instituts ihnen in ihrem eigenen Interesse abgerathen haben, weiter auf dem betretenen Wege vorzugehen.

2) Vergl. Die Genese der Zelle. Festschrift für Carl Ludwig 1887.

Vertreter in den Mikroorganismen haben und welche seit jenen Perioden in den Zellen existiren, vermögen nicht mehr selbstständige Lebewesen zu werden.

Beide Richtungen nun, sowohl diejenige, welche die Gleichartigkeit des Protoplasmas betont, als auch diejenige, welche die Elementarkörnchen als die Grundelemente der lebenden Materie betrachtet, haben in der Art, wie sie bisher vertreten worden sind, ihre Fehler aufzuweisen. Im ersten Falle leugnete man Dinge, weil man sie nicht sah, im anderen behauptete man Dinge, obwohl man sie nicht sah; zu Beidem hatte man kein Recht.

Jene Anschauung von der Gleichartigkeit des Protoplasmas stützt sich zum grössten Theil auf Beobachtungen, welche an bestimmten lebenden Objekten angestellt seiner Zeit grundlegend für die Betrachtung des Protoplasmas als Ganzes waren, niemals aber für die analytische Betrachtung desselben massgebend sein und bleiben durften. Die sich bewegenden Plasmaströme der Pflanzenzellen, die Bewegungserscheinungen an den Rhizopoden, Myxomyceten, die lebenden Leucocyten des Blutes waren es, von welchen her allgemeine Folgerungen über den Bau des Protoplasmas hergeleitet wurden und besonders von Seiten der Botaniker noch heute hergeleitet werden.

Die lebenden Objekte haben für den Beobachter gewiss etwas ausserordentlich Fesselndes, und Niemand wird den Werth solcher Beobachtungen leugnen, oder nur herabzusetzen suchen; will man jedoch den Bau des Protoplasmas sehen, so findet man in ihnen nur selten einen sicheren Anhalt. Man sieht eben, wie dieses v. Mohl, Schultze, Kühne[1]), Lieberkühn[2]) und viele Andere in oft klassischer Weise beschrieben haben, das schöne Spiel der in und mit der hellen Grundsubstanz strömenden

1) W. Kühne, Untersuchungen über das Protoplasma. Leipzig 1864.

2) N. Lieberkühn, Ueber Bewegungserscheinungen der Zellen. Marburg 1870.

Körnchen; man sieht oft die peripheren Theile frei von diesen; bald ist es Vergrösserung, bald Verkleinerung der einzelnen Theile, bald Trennung, bald Verschmelzung derselben, welche uns entgegentreten, und vieles Geistvolle ist darüber zu sagen und gesagt worden. Warum aber diese selben Objekte, welche nach der einen Seite hin so wunderbare Schönheiten offenbaren, auch anderweitig massgebend sein sollen, das ist nicht einzusehen.

Es scheint, als wenn für das Studium des protoplasmatischen Baues zwei Grundsätze massgebend sein müssen: die Anwendung der künstlichen Methoden, welche uns weiter in die Tiefe jenes Baues hineinzuführen vermögen, als die natürlichen Beobachtungen und die Wahl geeigneter Objekte, deren Elemente sich durch ihre Deutlichkeit auszeichnen. Wenn man aus unpassenden Objekten mit unpassenden Methoden allgemeine Folgerungen herleiten will, so weiss man eben nicht, was feinere mikroskopische Analyse bedeutet; es ist hier eine der alltäglichsten Erfahrungen, dass Dinge, welche vorhanden sind, wegen ihrer Kleinheit oder aus anderen Gründen nicht gesehen werden, und je weiter die Erfahrungen in der feineren mikroskopischen Analyse reichen, desto mehr kommt man zu der Ansicht, dass das, was wir von den morphologischen Elementen sehen, nur ein Bruchtheil ist von dem, was wir nicht sehen. Der Mikrologe ist selten in der Lage, gegenüber diesen noch nicht gesehenen Dingen mit vorgefasstem Willen einen Erfolg zu erreichen; seine Kunst besteht darin, den Dingen geduldig nachzugehen und ihnen ihre Eigenheiten abzulauschen, wo und wie er sie erreichen kann; wer hier an Andere unberechtigte Forderungen macht, der stellt sich auf den Standpunkt desjenigen, der nicht gelernt hat, sein eigenes Können und das der Anderen abzuwägen.

Die lebenden Objekte haben zunächst den grossen Nachtheil, dass die Sichtbarkeit der Elemente von mancherlei Zufälligkeiten abhängt; es bedarf nur eines annähernden

Ausgleiches der Brechungsunterschiede, um selbst solche Elemente unsichtbar zu machen, die wegen ihrer Grösse sonst bequem der Beobachtung zugänglich wären. Die künstlichen Methoden sind von solchen Zufälligkeiten in hohem Grade unabhängig, und es liegt nur in unserem Können, wie intensiv wir die Differenzen der Sichtbarkeit erzeugen. Da die Grösse der hier in Betracht kommenden Elemente oft unterhalb und oft an der Leistungsgrenze der Mikroskope liegt, so müssen wir um so mehr bemüht sein, die Kräfte derselben bis zum Extrem auszunützen; das können wir aber, wie dem Einsichtigen leicht klar sein wird, an den natürlichen Objekten nicht durchführen.

Sowohl für die natürliche als auch für die künstliche Bearbeitung jedoch werden wir nicht beliebige Objekte wählen, sondern diejenigen bevorzugen, wo die Grösse und Art der Elemente die Beobachtung erleichtert, und je leichter und sicherer diese Beobachtung ist, desto willkommener muss uns ein solches Objekt sein. Unter den vielen Objekten zeichnen sich die echten Pigmentzellen dadurch aus, dass sie bereits ohne Kunsteingriffe beobachtet werden können; wenn sie uns so direkt einen Einblick in ihr Inneres gestatten, so müssen sie uns massgebender sein, als alle farblosen Zellen, die dieses nicht thun. Wenn die Muskelfaser uns bei geringer Mühewaltung den Bau des Protoplasmas in grosser Vollständigkeit darbietet, so wird sie uns das Prototyp des protoplasmatischen Baues sein und nicht die Sarkode, an welcher wir nichts sehen; wir werden, wenn es uns gelingt, in anderen Zellen analoge Verhältnisse aufzudecken, dann mehr Recht haben aus den Pigmentzellen und Muskelfasern allgemeinere Folgerungen zu ziehen, als diejenigen, welche dieses von der Sarkode her gethan haben, denn positive Beobachtungen beweisen, nicht negative. Wer dann ein Interesse daran hat zu wissen, ob die Sarkode eine Structur hat oder nicht, der mag sich doch darum bemühen; will er alsdann behaupten, dass sie structurlos sei, dann hat er es zu beweisen, nicht ein Anderer; ohne

diesen Beweis aber allgemeine Folgerungen zu ziehen, ist gewiss verfehlt. Wenn die Botaniker, welche weder Pigmentzellen noch Muskelfasern haben, bei der alten Mohl'schen Definition noch bis heute stehen geblieben sind, so ist das nicht zu verwundern; dem Zootomen aber müssten jene günstigen Objekte doch wohl der Ausgangspunkt sein, von welchem aus er sich bemühen konnte weiter zu kommen, statt einfach den Inhalt der Muskelfasern auf eine Ablagerung der quergestreiften Elemente, und den der Pigmentzellen auf eine Absetzung von neuen Stoffen in unlöslicher Form zurückzuführen (Kölliker[1]). Sehen wir von denjenigen Fällen ab, wo es sich um regellose, resp. krystallinische Niederschläge pigmentirter Stoffe in den Zellen handelt, so sind mancherlei Gründe vorhanden, sowohl die Körnchen der echten Pigmentzellen als auch die Elemente der Muskelfasern für organisirte Gebilde zu halten; organisirte Gebilde aber entstehen, soweit unsere Kenntnisse von den natürlichen Dingen reichen, nicht durch Ablagerung oder Absetzung. Es liegt hier nahe anzunehmen, dass die von der Natur gefärbten echten Pigmentkörnchen den durch Kunst färbbaren Granulis der andern Zellen analog sind, wenigstens hat mich diese Annahme seiner Zeit dazu geführt, solche künstliche Färbungen zu suchen, welche einen Ersatz für die natürlichen Färbungen der Pigmentzellen bilden sollten.

Auch von Seiten der Botaniker hat es nicht völlig an Bemühungen gefehlt, dem Protoplasma mit künstlichen Methoden näher zu treten. Schmitz[2]) giebt an, bei Picrinpräparaten mit Haematoxylin gefärbte Punktirungen des Cytoplasmas erhalten zu haben; die Ungunst der Pflanzenobjekte für künstliche Bearbeitung scheint ihn jedoch abgehalten zu haben, hierin weiter vorzugehen.

---

1) Kölliker, Handbuch der Gewebelehre. 6. Aufl. 1889. S. 31.

2) F. Schmitz, Untersuchungen über die Structur des Protoplasmas und der Zellkerne der Pflanzenzellen. Sitzungsberichte der niederrheinischen Gesellschaft zu Bonn 1880.

So sehr auch die Pflanzenzelle für die Beobachtung vieler lebenden Vorgänge geeignet ist, ihr eigentliches Protoplasma ist um so schwieriger zu erreichen; die Neigung desselben zur Bildung von grossen Vacuolen ist so vorherrschend, dass man, um das Cytoplasma besonders an den für künstliche Bearbeitung nothwendigen dünnen Schnitten erfolgreich untersuchen zu können, auf wenige Jugendformen angewiesen ist; hierzu kommt noch das häufige Vorhandensein von Chlorophyllkörnern, Leucoplasten etc., welche das spärliche Cytoplasma verdecken. Ich habe es in Gemeinschaft mit einem Botaniker versucht, die an der thierischen Zelle erprobten Methoden auf die Pflanzenzelle zu übertragen; hierbei hat sich jedoch die Ungunst der Letzteren so evident herausgestellt, dass wohl Analogieen zur thierischen Zelle nachweisbar waren, eine wesentliche Förderung der Granulafrage von der Pflanzenzelle aber schwer zu erwarten ist.[1]) Man braucht nur die von Oskar Schultze[2]) an Thieren angestellten Beobachtungen über die vitale Metylenblaureaction der Zellgranula mit den ärmlichen Bildchen und spärlichen Erscheinungen zu vergleichen, welche auf ähnliche Weise gelegentlich an der Pflanzenzelle gewonnen worden sind, um jenen Unterschied genügend zu übersehen. Die Beobachtungen an den Pflanzenzellen werden in vielfacher Weise für das Studium der lebenden Vorgänge massgebend bleiben, aber jenes weitere Eindringen in den protoplasmatischen Bau, wie es vermittelst der künstlichen Methoden erreicht werden kann, werden sie kaum gestatten; hierzu eignen sich die thierischen Zellen augenscheinlich in weit höherem Grade. Es dürfte zweckmässig, ja für einen weiteren Fortschritt nothwendig sein, dass

1) Herr Dr. A. Zimmermann, Docent der Botanik in Tübingen, hat vor einiger Zeit ein paar Monate bei mir mit den Granulamethoden gearbeitet; er gedachte seine Untersuchungen, die in Bezug auf Specialfragen der Botanik vieles Interessante boten, in Tübingen fortzusetzen und seiner Zeit zu veröffentlichen.

2) O. Schultze, Die vitale Metylenblaureaction der Zellgranula. Anat. Anzeiger 1887.

sich die Bestrebungen auf diesen beiden Gebieten in harmonischer Weise ergänzen.

An der thierischen Zelle sind auch früher schon an vereinzelten Objekten mit künstlichen Methoden günstige Resultate erzielt worden. So hat Ehrlich die gröberen Granulationen verschiedener Leucocyten gefärbt, van Beneden spricht von corps baccilliformes, welche er gelegentlich in Zellen gesehen hat, Kupffer hat im Axencylinder, wie ich es nach meinen jetzigen Erfahrungen auffassen möchte, fibrillär angeordnete Granula durch Färbung demonstrirt; dennoch sind diese Beobachtungen sowohl von diesen Autoren selbst, als auch von Andern nur als Specialitäten und vereinzelte Erscheinungen aufgefasst worden. Seit dem Bekanntwerden meiner Granulauntersuchungen [1]) haben sich die Angaben über das Sichtbarsein von Körnerelementen in den Zellen bereits erheblich vermehrt, und man scheint sich bereits daran zu gewöhnen darauf zu achten, wo sie gelegentlich auch ungefärbt oder als gefärbte Nebenprodukte der Beobachtung erkennbar werden, ja Manche halten es heute schon für selbstverständlich, dass die Zelle kein Elementarorganismus ist. Es lässt sich hoffen, dass, wenn erst die für die Untersuchung der Granula geeigneten Methoden in Aller Händen sind [2]), dieses Gebiet der Biologie bald durch rüstige Mitarbeiter gefördert werden wird. Das Endziel unserer Bestrebungen aber soll sein den Satz immer mehr wahrscheinlich zu machen: es giebt keine gleichartige Sarkode, es giebt nur ein polymeres Protoplasma.

Von den allgemeineren Bemühungen, das Princip im Bau des Protoplasmas zu finden, kann man, abgesehen von

1) Studien über die Zelle. Leipzig 1886. — Die Genese der Zelle. Festschrift für Carl Ludwig 1887. — Die Structur des Zellkerns. Arch. f. Anat. u. Phys. 1889. — Ueber die Fettumsetzungen im Organismus. Ebenda. Eine grössere Zahl von Granulabildern wurden auf den Anatomen-Versammlungen zu Leipzig und Würzburg demonstrirt.

2) Die Methoden finden sich beschrieben in einer im Druck befindlichen Arbeit: Die Elementarorganismen und ihre Beziehungen zu den Zellen.

den schon oft gesehenen und beschriebenen Faser- und Fibrillenbildungen, welche, wie oben erwähnt, Kölliker für wichtige Einzelheiten des protoplasmatischen Baues erklärt, und auf deren Bedeutung wir an einem anderen Orte bereits näher eingegangen sind[1]) und später noch des Weiteren eingehen werden, noch die Anschauung von der primären Netzstructur des Protoplasmas hervorheben, wie sie insbesondere von Heitzmann[2]) an thierischen Zellen und von Frommann[3]) an Pflanzenzellen beobachtet worden ist.

Die Bemühungen beider Autoren bezeichnen insofern schon einen Fortschritt, als von ihrer Seite bereits eine strengere Auswahl der für Structurstudien geeigneten Objekte stattgefunden hat; indem sie eifrig danach suchten, wo etwa sichtbarliche Formerscheinungen im Protoplasma zu entdecken waren, setzten sie daselbst alle Mühe heran. Während die älteren Autoren durch ihre klassische Beobachtungsgabe das Wesen des Protoplasmas als Ganzes in vielen Punkten klar gelegt haben, finden sich in den Bemühungen von Heitzmann und Frommann die ersten Anfänge dafür, die Elemente zu demonstriren, aus denen sich dasselbe zusammensetzt. Beide kamen sie zu dem Resultat, dass die Substanz des Protoplasmas in äusserst feinen Netzen angeordnet sei, dessen Knotenpunkte den Eindruck von Körnchen machen; hierin sollte das Wesen des protoplasmatischen Baues bestehen.

Was es mit diesen Netzen meist für eine Bewandtniss hat, dafür möchte ich nur ein Beispiel anführen. Frommann fand in den Staubfadenhaaren von Tradescantia ein ausgezeichnetes Objekt, um in den Kernen der dort vor-

---

1) Vergl. Die Genese der Zelle.

2) C. Heitzmann, Untersuchungen über das Protoplasma. Wiener Sitzungsberichte 1873. Mikroskopische Untersuchungen des Thierkörpers. Wien 1883.

3) C. Frommann, Beobachtungen über Structur und Bewegungserscheinungen des Protoplasma der Pflanzenzellen. Jena 1880.

handenen Zellen ein ausserordentlich regelmässiges feinmaschiges Netzwerk lebend zu demonstriren. Wenn ich dasselbe Objekt ebenfalls in frischem Zustande untersuche, so finde ich, dass dasselbe ausgezeichnet ist, um die Granulastructur des Kernes zu demonstriren; das heisst Frommann hält die Intergranulasubstanz für das positive Bild, während er die Granula für Lücken ansieht, während ich die Lücken für positive Granula halte, das Netzwerk aber für intergranulär.

Jedenfalls ist dieses Beispiel charakteristisch dafür, dass gleiche Beobachtungen an lebenden Objekten, deren Sichtbarkeit fast immer nur auf Brechungsdifferenzen beruht, leicht zu entgegengesetzten Folgerungen führen können, besonders da, wo es sich um die feinsten Formelemente handelt. Die Entscheidung kann naturgemäss nur durch künstliche Hilfsmittel gebracht werden; wenn es dadurch gelingt, an Stelle der Lücken des Netzwerkes positive Körper mit specifischer Färbungsreaction nachzuweisen, so ist die Structur granulär, das Netzwerk aber intergranulär. Damit soll nicht gesagt sein, dass nicht auch dem intergranulären Netzwerke noch eine vielleicht viel feinere Zusammensetzung aus Elementarkörperchen zukommt; ja es ist mir dieses nicht unwahrscheinlich, wie ich es bereits in meiner Mittheilung über die Structur des Zellkernes erwähnt habe.

Lebende Objekte geben also nicht nur selten einen sicheren Anhalt für die Beobachtung der Structur des Protoplasmas, sondern sie führen auch da, wo sie dieses thun, leicht zu Täuschungen. Da weder Heitzmann noch Frommann künstliche Methoden angewendet haben, so ist es auch ihnen nicht gelungen, das Princip im Bau des Protoplasmas aufzudecken, obwohl ihre Beobachtungen zu den besten gehören, welche über die Structur desselben angestellt worden sind.

Es scheint daher für das Studium des Protoplasmas der richtige Weg zu sein, vorzugsweise mit Hilfe der zu-

verlassigeren und weiter eindringenden künstlichen Methoden, und im Anschluss an so prägnante Objekte, wie sie die Pigmentzellen und die Muskelfasern des thierischen Organismus darbieten, analoge Verhältnisse auch in anderen Zellen zu suchen; finden wir solche Analogieen, so werden wir mehr Recht haben, allgemeine Folgerungen daraus zu ziehen, als diejenigen, welche ihre Anschauungen von der Gleichartigkeit des Protoplasmas auf die negativen Befunde an der Sarkode begründen.

Haben die Vertreter dieser Anschauungen Recht, dann hat die Morphologie bereits ihre Grenze erreicht, und es bleibt nur die Lehre von der molekularen Organisation übrig, welche für grübelnde Leute gewiss viel Reizvolles hat, aber doch selbst erst der richtigen morphologischen Unterlagen bedarf, um eine Berechtigung ihrer Existenz zu besitzen.

Noch haben wir diese Grenze der Morphologie nicht erreicht. Mag jener genetische Plan, wie wir ihn oben in wenigen Worten zusammengedrängt haben, auch ein Unbekanntes sein, das bewiesen werden muss, vielleicht kann er uns doch den Weg zeigen, wie wir zu einem Verständniss des Bekannten und Erreichbaren gelangen. Wenn wir Schritt für Schritt durch immer feinere Methoden das Gebiet des Sichtbaren erweitern, so gelingt es vielleicht doch allmählich, Vieles von dem zu sehen, was scheinbar nicht vorhanden ist; das was in dieser Beziehung schon erreicht wurde, lässt die Hoffnung auf weitere Fortschritte als möglich erscheinen. Es mag hierin vielleicht eine schwere Aufgabe liegen, aber es lohnt der Mühe wohl, hier seine Kräfte heranzusetzen und so unserem Wissen eine neue Welt zu erobern. —